

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

02883929 **Image available**
METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING CONVERGENCE ION BEAMS

PUB. NO.: 01-181529 [J P 1181529 A]
PUBLISHED: July 19, 1989 (19890719)
INVENTOR(s): ITO FUMIKAZU
 HARAICHI SATOSHI
 SHIMASE AKIRA
 TAKAHASHI TAKAHIKO
APPLICANT(s): HITACHI LTD [000510] (A Japanese Company or Corporation), JP
 (Japan)
APPL. NO.: 63-003062 [JP 883062]
FILED: January 12, 1988 (19880112)
INTL CLASS: [4] H01L-021/302
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components)
JAPIO KEYWORD: R003 (ELECTRON BEAM)
JOURNAL: Section: E, Section No. 834, Vol. 13, No. 468, Pg. 23,
 October 23, 1989 (19891023)

ABSTRACT

PURPOSE: To observe the change of shape of a material being processed by producing a SEM image on the basis of secondary electrons detected by being scanned using electron beams axially inclined from the ion beam.

CONSTITUTION: A SEM(scanning electron microscope) image is obtained by irradiation with electron beams which are axially different from the ion beam. Under the control of beam scanning switching control means, a material and a workpiece are irradiated and scanned alternately with converged ion beams from a converged ion beam producing means 10 and electron beams from an electron beam producing means 11. During the irradiation and scanning using electron beams, a SEM image is displayed on a monitor 57 by secondary electrons detected by a secondary charged particle detecting means 12. This makes it possible to quickly know the processing conditions at processing time.

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

007986499 **Image available**

WPI Acc No: 1989-251611/ 198935

Related WPI Acc No: 1999-200977

**Control dry etching equipment - detects electrons generated in substrate
exposed to ion and electron beams permitting monitoring of engraving
depth NoAbstract Dwg 9/21**

Patent Assignee: HITACHI LTD (HITA)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 1181529	A	19890719	JP 883062	A	19880112	198935 B
JP 9204897	A	19970805	JP 883062	A	19880112	199741
			JP 96266089	A	19880112	

Priority Applications (No Type Date): JP 883062 A 19880112; JP 96266089 A
19880112

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 1181529	A		3		
JP 9204897	A	13		H01J-037/31	Div ex application JP 883062

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-181529

⑬ Int. Cl.⁴

H 01 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)7月19日

E-8223-5F

Z-8223-5F

D-8223-5F 審査請求 未請求 請求項の数 12 (全11頁)

⑮ 発明の名称 集束イオンビーム加工方法とその装置

⑯ 特 願 昭63-3062

⑰ 出 願 昭63(1988)1月12日

⑱ 発 明 者 伊 藤 文 和 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 原 市 聡 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 発 明 者 嶋 瀬 朗 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

㉑ 発 明 者 高 橋 貴 彦 東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立製作所デバイス開発センタ内

㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉓ 代 理 人 弁理士 秋本 正実

明 細 書

1. 発明の名称

集束イオンビーム加工方法とその装置

2. 特許請求の範囲

1. 被加工物を集束イオンビームによって加工する際、所定時間加工する度に、加工状態をモニタすべくイオンビーム軸方向より傾いた軸方向より電子ビームによって被加工物における被加工領域とその近傍領域を走査し、該走査中検出される2次電子にもとづいてSBM像を作成することを特徴とする集束イオンビーム加工方法。

2. SBM像と、集束イオンビームによる加工の際検出される2次荷電粒子にもとづくSIM像との併用によって、加工深さがモニタされつつ加工が行なわれる特許請求の範囲第1項記載の集束イオンビーム加工方法。

3. 集束イオンビームによって被加工領域を走査するに際しては、電子ビーム走査面としての加工穴内側面へのスパッタ粒子の付着を防止すべく、集束イオンビームの走査速度は十分低速度

にして加工が行なわれる特許請求の範囲第1項、または第2項記載の集束イオンビーム加工方法。

4. 集束イオンビームによって被加工領域を走査するに際しては、電子ビーム走査面としての加工穴内側面へのスパッタ粒子の付着を防止すべく、被加工物との間でガス状化合物を生成するガス状物質を供給しつつ加工が行なわれる特許請求の範囲第1項、または第2項記載の集束イオンビーム加工方法。

5. 真空チャンバ内に、被加工物を加するのための集束イオンビームを発生する集束イオンビーム発生手段と、イオンビーム軸方向とは軸方向を異にした状態で、被加工物における被加工領域とその近傍領域を電子ビームによって照射、走査するための電子ビーム発生手段と、電子ビーム軸方向と軸方向をほぼ同一にした状態で、イオンビームおよび電子ビームの被加工物への照射によって発生される2次荷電粒子を検出するための2次荷電粒子検出手段とを少なくとも設けるとともに、検出された2次荷電粒子にもと

- ついてSEM像、SIM像を表示するためのモニタと、集束イオンビームと電子ビームによる走査を交互に切替制御するビーム走査切替制御手段とを少なくとも有してなる構成を特徴とする集束イオンビーム加工装置。
6. 2次荷電粒子検出手段には、2次荷電粒子を引き込むための電極が具備されている特許請求の範囲第5項記載の集束イオンビーム加工装置。
 7. 電子ビーム発生手段の真空チャンバへの取付は、電子ビーム軸方向が平行状態で調整可とされる特許請求の範囲第5項記載の集束イオンビーム加工装置。
 8. モニタは、SEM像、SIM像各々に対応して設けられる特許請求の範囲第5項記載の集束イオンビーム加工装置。
 9. 集束イオンビーム発生手段には、ビーム径切替機構が具備されている特許請求の範囲第5項記載の集束イオンビーム加工装置。
 10. 真空チャンバ内には、被加工物における被加工領域に、被加工物との間でガス状化合物を生

成するガスを吹付するガス吹付手段が設けられる特許請求の範囲第5項記載の集束イオンビーム加工装置。

11. 電子ビーム発生手段は、ビーム軸方向が相互に異なる2つのビーム発生手段として構成される特許請求の範囲第5項、または第7項記載の集束イオンビーム加工装置。

12. ビーム径切替機構に関連して、ビーム径対応の最適なレンズ電圧および被加工物照射点位置補正電圧を記憶する手段と、切替に係るビーム径対応のレンズ電圧および被加工物照射点位置補正電圧をビーム光学系に印加する手段とが設けられる特許請求の範囲第9項記載の集束イオンビーム加工装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、LSIなどに精密に微細な穴加工を施すための方法と装置に係り、特にその加工穴の深さや底面形状、断面構造をリアルタイムにモニタするのに好適とされた集束イオンビーム加工方

法とその装置に関するものである。

(従来の技術)

これまでにあっては、LSIなどの特定位置における断面構造はSEM (Scanning Electron Microscope) 像によって観察されるようになっていた。熟練作業員によって試料の研磨と顕微鏡による試料の観察が所望の断面が出現するまで繰り返された後は、その断面がSEM像によって観察されていたものである。

一方、特開58-164135号公報による場合、加工手段としての集束イオンビーム発生手段と、観察手段としての電子ビーム発生手段および2次電子検出用光電子増倍管とによって、回転・移動し得るステージに設置された試料を加工し、所定のパターンへの加工が完了した後は試料台を電子ビームに対し所望の角度と位置になるべく試料台を移動させ、電子ビームを照射することで試料の2次電子像が観察されるようになっている。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、これまでにあっては、集束イオ

ンビームによる加工の進行途中で試料を動かすことなく電子ビームを照射することで、試料の加工形状の変化を観察する点については配慮がされておらず、加工深さのインプロセス測定や加工層を速やかに判定し得ないという不具合がある。

また、上記公報による場合その不具合に加えLSIによく用いられる材料であるSiやSiO₂をイオンビームによりスパッタエッチした場合、加工穴底面からスパッタされた粒子の一部が加工穴側壁に付着し(再付着現象)てしまい、側面に現われるはずのLSIの断面構造が良好に観察され得ないものとなっている。更に、研磨によって観察に適した良好な断面が得られる場合にはまた熟練作業員の不足と相俟って、観察により多くの時間が要されるものとなっている。

本発明の目的は、試料あるいは被加工物を集束イオンビームによって加工中であっても、試料あるいは被加工物を移動させることなく加工穴についてのSEM像およびSIM (Scanning Ion Microscope) 像を得ることで、インプロセスでの

加工深さモニタや加工穴底面形状の観察が速やかに行ない得る集束イオンビーム加工方法とその装置を供するにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的は、集束イオンビームによって加工を所定時間行なう度に、試料あるいは被加工物における加工領域とその近傍に対し、イオンビーム軸方向とは軸方向を異にした電子ビームを照射しSBM像を得ることで達成される。集束イオンビーム発生手段や電子ビーム発生手段の他、2次荷電粒子検出手段を設けてSBM像、更にはSIM像をモニタに表示せしめるべく構成することで達成される。

(作用)

ビーム走査切替制御手段による制御下に、集束イオンビーム発生手段からの集束イオンビームと、電子ビーム発生手段からの電子ビームとが交互に試料あるいは被加工物を照射、走査するようにして、試料あるいは被加工物を加工しつつその加工状態をモニタしようというものである。集束イオ

ンビームによる加工中2次荷電粒子検出手段によって検出された2次荷電粒子(例えば2次電子)によってはSIM像が、また、電子ビームによって照射、走査が行なわれている間、2次荷電粒子検出手段によって検出された2次電子によってはSBM像がモニタに表示されることから、それら像の表示上での相対的位置関係や表示倍率を考慮することによっては、その加工時点での加工状態が速やかに知れるものである。また、集束イオンビームを低速度で走査したり、あるいは加工領域にガスを吹き付けスパッタ粒子をガス化する場合、加工穴側面へのスパッタ粒子の付着を防止し得、したがって、その側面からは良好なSBM像が得られることで、断面構造が良好に把握され得るものである。

(実施例)

以下、本発明を第1図から第21図により説明する。

先ず本発明による集束イオンビーム加工装置について説明すれば、第1図はその一例での構成を

示したものである。図示のようにメインチャンバ1にはゲートバルブ2を介しロードロックチャンバ3が設けられており、メインチャンバ1はバルブ4を介し真空ポンプにより排気され、ロードロックチャンバ3もまた真空ポンプによりバルブ5を介し排気されたものとなっている。

さて、メインチャンバ1には基本的にイオンビーム銃筒10、電子ビーム銃筒11、2次電子ディテクタ12および試料ステージ13が設けられるようになっている。このうちイオンビーム銃筒10には液体金属イオン源14、イオンビーム集束用静電レンズ系15、ブランキング電極16、ブランキングアパーチャ17および偏向制御電極18が設けられており、上記各々の電極には必要な電圧が外部から印加されるようになっている。また、電子ビーム銃筒11は通常の走査電子顕微鏡(SBM)に用いられているものと同様なものであり、レンズ系やブランキング電極、偏向制御電極等によって試料19上に焦点を結んだ状態で試料19上を電子ビーム21によって走査するが、イオンビーム20が照射されてい

る間電子ビーム21はブランキングされるようになっている。

ところで、試料ステージ13上に載置された試料19上へのイオンビーム20照射点の近傍には電子ビーム21がイオンビーム20とはそのビーム軸方向を異にして照射される必要があるが、このため電子ビーム銃筒11はメインチャンバ1に対しその電子ビーム軸位置が調整可として取付けされている。

第2図は電子ビーム軸位置の粗調整を行なうための電子ビーム銃筒取付け方法の一例を示したものである。チャンバ外壁30上に取付けされたフランジ31に対し、電子ビーム銃筒11が取付けされたベローズ付フランジ32がそのフランジ31面上を滑動可として取付けされたものとなっている。フランジ31の上面に互いに直交して取付けられた2つのマイクロメータヘッド33によって、電子ビーム銃筒11は真空を破ることなくその軸位置が調整可能となっているものである。また、電子ビーム照射位置の精調整は、例えばイオンビームを走査することなく試料上の一点に照射しスポット加工を

行ない、次いでその試料を電子ビームで走査しSEM像を得るようにするが、SEM像の中央にそのスポット加工穴が位置すべく電子ビーム偏向電圧を微調整すればよい。

さて、第3図に示すように電子ビーム21がイオンビーム20に対しある角度 θ をもつように電子ビーム鏡筒11は設置されるが、その角度 θ はイオンビーム20で加工された穴40の側壁41に電子ビーム21が照射されるべく設定されるようになっている。電子ビーム21は図示のように、穴40開口部を含むように広い幅で穴40とその周辺をスキャンすることで、穴40の側壁形状情報などを含む加工状態情報がSEM像として得られるものである。このSEM像を得るための2次電子ディテクタ12は穴40の側壁41から発生される2次電子42を捉えるべく設置されるが、このことは第4図に示すように、2次電子ディテクタ12をイオンビームで加工中の穴40の側面のうち、電子ビーム照射面を直視する側に設ければよいことを示唆している。結局2次電子ディテクタ12は電子ビーム鏡筒11側に設置さ

れることになる。しかし、第5図に示すように、2次電子ディテクタ12が加工穴側壁を直視しないような位置に置かざるを得ない場合には、2次電子ディテクタ12の前面に正電位を持つ電極43を設けることで、側壁からの二次電子を捉えるようにすればよい。以上のようにして2次電子ディテクタ12によって捉えられた2次電子はイメージ制御器56によりモニタ57にSEM像として表示されることになるものである。イメージ制御器56では電子ビーム21をブランキングしてイオンビーム20を試料19に照射している場合には、イオンビーム20による2次電子を2次電子ディテクタ12により捉えることによって、SEM像をモニタ57に表示し得るものとなっている。なお、試料ステージ13はロードロックチャンバ3とメインチャンバ1間を試料19を保持して移動するが、試料19上の加工位置を定めるべくX、Y方向に移動可となっている。望ましくは更にZ軸（イオンビーム軸）、X軸、Y軸回りに回転し得れば好都合となっている。

上記構成の装置を用いイオンビームによって穴

加工を行ないつつ、その穴形状、深さ情報を得るための制御装置58について説明すれば、第8図にイオンビームによる被加工領域50と、電子ビームによって走査される観察領域51の一例を示す。イオンビームにより領域50を一面スキャンする毎に電子ビームで加工形状を観察する場合でのビームスキャンの制御の例を第7図に示す。第7図ではビームのX軸方向でのスキャンについては自明であるために図示省略しているが、イオンビームがY方向に一回スキャンする間、電子ビームはブランキングされるようになっている。イオンビームのスキャンが終了すると、電子ビームのブランキングが解かれ電子ビームによるスキャンが行なわれるものとなっている。この間イオンビームはブランキングされているわけである。

以上述べたイオンビームと電子ビームの切替タイミングは、イオンビームによる加工条件により様々に変更することが望ましく、例えば、イオンビームを極めて高速にスキャンし、加工領域を一面スキャンする間に僅かしか加工しない条件で加

工する場合は、イオンビームによって被加工領域50を複数回スキャンする度に電子ビームによる観察を行なえばよい。逆に後述するように、極めて遅いスキャンで加工する場合は、一回に加工される量が多いことから、このような場合にはイオンビームをX軸方向に一回ないし数回スキャンする度に、電子ビームによって観察領域51を1回スキャンすればよい。更にイオンビームのスキャンが遅い場合は、イオンビームのX軸方向へのスキャンが少し進む毎に、電子ビームによるスキャンを行なってもよい。第1図に示すイオンビーム・ブランキング制御器53、イオンビーム・スキャン制御器52、電子ビーム・ブランキング制御器55および電子ビーム・スキャン制御器54では制御装置58からのタイミング指令によって、所望にスキャン制御、ブランキング制御を行なっているものである。なお、ビームのスキャン制御は第7図に示した歯輪状波によるアナログ的なスキャンに限られるわけではなく、照射位置座標を次々と指定してビームを移動させるデジタル的なスキャン

による場合でも、同様なスキャンが可能となっている。

ところで、試料19が半導体LSIのように表面が絶縁物でおわれている場合は、イオンビーム20による加工でチャージアップが生じるが、このような場合には試料19に電子を照射し試料19表面での正電荷を中和する方法が採られる。このため第1図に示すように、電子シャワ銃60がメインチャンバ1に設けられている。これから発生する電子はSEM像観察にとってはノイズとなることから、電子シャワ銃60を用いる場合はブランキング制御器59により第7図に示すイオンビーム・ブランキング信号と同一タイミングで電子シャワにもブランキングがかけられるようになっている。

以上の構成の装置を用い試料19をイオンビーム20で加工しつつ、電子ビーム21で加工穴形状を観察すると、順次第8図(a)、(b)、(c)に示すようなSEM像が得られるが、SEM像の倍率Mと電子ビーム21のイオンビーム20に対する角度 θ が予め知られているので、第8図(d)に示すように、穴40の深

さDは以下のように求められることになる。

$$D = H / \sin \theta - Y / (M \sin \theta) \dots\dots(1)$$

但し、側壁41の傾きは十分小さくイオンビーム20とほぼ平行であると仮定した。

したがって、SEM像より画面上の深さYを測定することによって実際の加工深さが知れるので、加工深さは高い精度で得られるものである。

イオンビーム20が細くスパッタされた物質の側壁への再付着が少ない場合は、第8図(d)に示すように側壁41はイオンビーム20とほぼ平行になる。しかし、イオンビーム20が太い場合にはビーム電流分布の裾が長くなり側壁41がだれるようになる。イオンビーム径の大きさに拘わらず加工条件や加工対象、加工深さによって加工穴底面からスパッタされた物質の側壁への再付着が多い場合には側壁の傾きが大きくなる場合がある。このような場合にも式(1)によるとすれば加工深さDに誤差が生じることになる。この点を改善すべく第9図に示す加工装置ではイメージ制御器58に2つのモニタ57、57'が収容されたものとなっている。モニタ

57はイオンビーム20によるSIM像を、また、モニタ57'は電子ビーム21によるSEM像を表示するために設けられたものである。したがって、モニタ57'には加工穴を斜め上方から見た像が、モニタ57には加工穴を真上から見た像が表示されることになる。具体的には第10図に示すように、加工穴40はその側壁41が傾度 α の四角錐台であるとして、モニタ57'には加工穴40を角度 θ 方向から見たSEM像60が、また、モニタ57には加工穴40を真上から見たSIM像60'が表示されるものである。よって、これら2つの像を用いれば、幾何学的な関係から側壁41の傾き α が大きい場合でも、加工穴40の深さDを正しく求めることが可能となる。

即ち、 $H = D \tan \alpha$ 、 $H' = D \sin(\alpha + \theta) / \cos \alpha$ であるとして、

$H / H' = \sin \alpha / \sin(\alpha + \theta) = K$ とおけば、 $\tan \alpha$ は $\tan \alpha = K \sin \theta / (1 - K \cos \theta)$ として表現されることから、Dは以下のように求められるものである。

$$D = H / \tan \alpha$$

$$= (1 - K \cos \theta) / (K \sin \theta) \dots\dots(2)$$

このように、2つの像60、60'から求めたH、H'と電子ビームの傾き角 θ より加工穴の深さDが式(2)により求められるが、この計算は第11図に示すように、モニタ57、57'各々に対応する表示画面60、60'にそれぞれカーソルを出す機能92を設け、カーソルが設定された座標Y、-Yを読みとったうえこれを画像倍率M、M'で割ることによってH'、Hを求めた後は、式(2)を実現するソフトウェア機能によって、自動的に加工深さDが求められるものとなっている。なお、モニタは必ずしも2台必要ではなく第12図に示すように、イオンビームスキャン信号と電子ビームスキャン信号を切る機構62をイメージ制御器58内に設け、1台のモニタ57にSEM像とSIM像を切替表示してもよい。また、1つの表示画面を分割しSEM像とSIM像を同時に表示してもよい。また、SEM像とSIM像の倍率は必ずしも同一である必要はなくそれぞれの倍率に応じ第11図に示す計算式に

従って、それぞれの倍率 M_1, M_2 で表示画面からよんだ寸法 $Y_1, \sim Y_2$ を除すればよい。

ところで、加工時に太い径のイオンビーム20を用いている場合、SIM像の解像度が悪化するばかりか、大イオンビーム流によってチャージアップが生じるが、このような場合には第13図(4)に示すように、太い径のイオンビーム20での加工を行ない、とりあえず必要に応じ電子シャワー65をかけるようにし、この加工途中で必要に応じ第13図(4), (5)に示すようにビーム径を大から小に切替して、イオンビーム加工を電子シャワー65をかけることなく行ない高い解像度のSIM像を得るとともに、イオンビーム20をブランキングした状態では電子ビーム21をスキャンすることでSEM像を得るといった対策が採れる。必要に応じイオンビーム径の切替を行なうわけであるが、ビーム径切替機構は公知であり、例えば第14図に示すように、イオン光学系15の途中に異なる径をもつ2つの穴が穿設された可動板66を設け、真空外より真空フィードスルー67を介しアクチュエータ68で可動

板66を所定位置に移動せしめることで、イオンビーム径を制限するといったものが知られている。これによる場合第15図(4), (5)に示すように、アパーチャとしての2つの穴69, 70がイオンビーム軸71に対しそれぞれ異ったずれを持つ可能性があるため、ビーム径の切替に伴いイオンビームの焦点や照射位置が所望位置よりずれることになる。これに対しては第16図に示すように、それぞれのビーム径に応じた最適のレンズ電圧とビーム照射位置ずれを補正するためのシフト電圧を予め記憶しておき、ビーム径を切替した際に、コントローラが必要な電圧を選択してビーム光学系に印加すればよい。

第17図は2種類のSEM像を得るための加工装置の構成を示したものであり、SEM観察用に2本の電子ビーム銃筒11と11'がその軸方向を異にして設けられたものとなっている。何れの電子ビーム銃筒11, 11'からも同一被観察面に電子ビームを照射し得、2次電子ディテクタ12ではその被観察面からの2次電子を受け得るように設けられ

たものとなっている。よって、概ね2本の電子ビーム銃筒11, 11'と1本の2次電子ディテクタ12は加工穴の同じ側に配置されるようになっている。このように電子ビーム銃筒が設けられるのは、SIM像の解像度が良好でなく加工穴の深さが精度良好に求められない場合であっても、2種類のSEMより加工穴の深さを精度良好に求めることが可能となるからである。

最後にLSI等の断面層構を観察する場合について説明すれば、イオンビームで穴加工を行なう際、第18図(4)に示すように送り80の速度が大であるとビームの中心から四方に粒子がスパックされ、スパックされた粒子が側壁41に再付着するようになる。したがって、この再付着によって側壁41からの試料断面の観察は妨げられることになる。しかし、第18図(5)に示すようにイオンビーム20の送り80の速度を速い場合は、スパック粒子は送りと逆方向側に飛散されることになる。そこで第19図に示すように、スキャン81を行ないつつ送り80をかけると、図示の如くの形状に穴が加工され

ることが既に知られており、図示の例では左側の側壁41にはスパック粒子の再付着が少なく断面観察に適した面となっている。よって、第20図に示すように、試料19の矢印82に沿った位置での断面を観察する場合は、長さ83だけ離れた位置から加工を始め、矢印82のラインまで加工を行なった後に、電子ビーム21を斜め上方からその側壁41に照射し、SEM像を得るようにすればよい。

一方、これとは別に第1図などに示すように、メインチャンバ1内にガス吹付けノズル90を設けるようにしてもよい。その際イオン源14、イオン光学系15をガスから保護すべくオリフィス91によりイオンビーム銃筒10はメインチャンバ1とへだてられており、イオンビーム銃筒10の内部は真空ポンプにより差動排気されるようになっている。

第21図に示すように、イオンビーム20による加工において、SIO₂加工に対してはSF₆、X₂P等フッ素を含むガス91を、また、A₂加工に対してはC₂F₄、BCl₃等塩素を含むガスをガス吹付けノズル90より吹付けするようにすれば、

スパッタ粒子は化学反応によってそれぞれフッ化シリコン、塩化アルミといった気体92に変化することになる。このため側壁41へのスパッタ粒子の再付着は殆ど発生せず、良好な断面を確保することが可能となる。S10₂はA₂との層構造を持つL S1等の試料に対しては、加工中の材質に適したガスを選んで吹付けするか、あるいは混合ガスを吹付けすればよい。

以上本発明を説明したが、2次荷電粒子ディテクタとして2次電子ディテクタが用いられているが、これは2次イオンディテクタや、一次イオン、一次電子により発生するX線、蛍光等を検出するディテクタであってもよい。また、イオン源として液体金属イオン源が用いられているが、これはガスフェーズイオン源やプラズマイオン源であってもよい。

(発明の効果)

以上説明したように本発明によれば、試料あるいは被加工物を集束イオンビームによって加工中であっても、試料あるいは被加工物を移動させる

ことなく加工穴についてのS1M像が得られることから、インプロセスでの加工深さモニタや加工穴底面形状の観察が速やかに行ない得るといった効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による集束イオンビーム加工装置の一例での構成を示す図、第2図は、軸位置が調整可とされた電子ビーム銃筒のメインチャンバへの取付方法を示す図、第3図は、電子ビーム軸とイオンビーム軸との関係を示す図、第4図は、2次電子ディテクタの設置の仕方を示す図、第5図は、2次電子ディテクタの他の設置態様を示す図、第6図は、イオンビームによるスキャン領域と電子ビームによるそれとの関係を示す図、第7図は、イオンビーム、電子ビームに対するスキャン制御の例を示す図、第8図(a)~(d)は、SEM像より加工深さを求めるための方法を示す図、第9図は、他の例での本発明による集束イオンビーム加工装置の構成を示す図、第10図は、SEM像とS1M像より加工深さを求めるための方法を示す

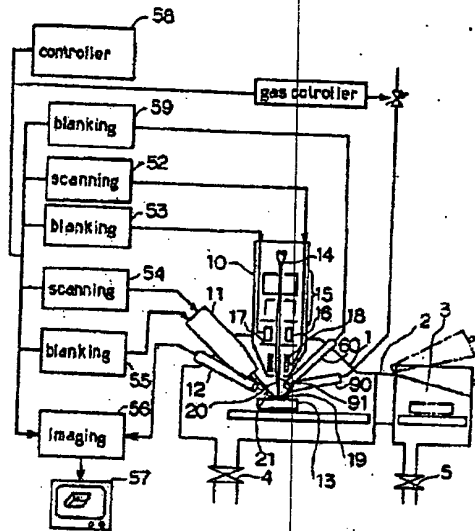
図、第11図は、その場合での加工深さを自動的に求める方法を示す図、第12図は、1つのモニタにてSEM像とS1M像を切替表示するための方法を示す図、第13図(a)~(d)は、イオンビーム径が大である場合でのイオンビーム照射方法を説明するための図、第14図は、イオンビームの径切替機構を示す図、第15図(a)、(b)は、イオンビームの径切替に際しアパーチャ中心とイオンビーム軸との間にずれが生じることを説明するための図、第16図は、イオンビームの焦点や照射位置のずれ補正方法を説明するための図、第17図は、他の例での本発明による集束イオンビーム加工装置の構成を示す図、第18図(a)、(b)は、イオンビームの送り速度の違いによる粒子のスパッタ方向を説明するための図、第19図は、イオンビームの送り速度が遅い場合での穴加工形状を示す図、第20図は、断面を観察する場合での加工方法を説明するための図、第21図は、スパッタ粒子のガスによる気体化を説明するための図である。

符号の説明

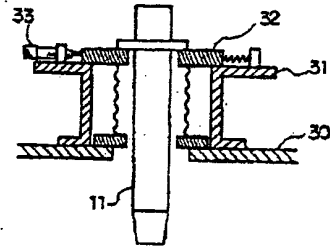
1…メインチャンバ、3…ロードロックチャンバ、10…イオンビーム銃筒、11、11'…電子ビーム銃筒、12…二次電子ディテクタ、13…試料ステージ、53、55、59…ブランキング制御器、52、54…スキャン制御器、56…イメージ制御器、57、57'…モニタ、60…電子シャワ銃、90…ガス吹付けノズル。

代理人 弁理士 秋 本 正 実

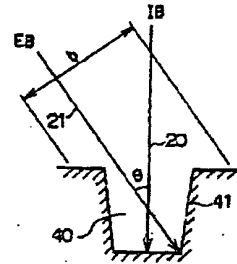
第 1 図



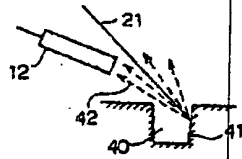
第 2 図



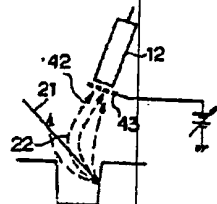
第 3 図



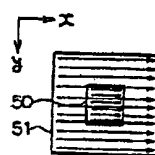
第 4 図



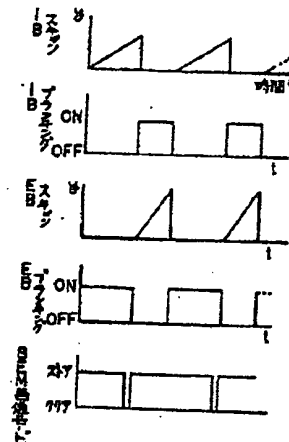
第 5 図



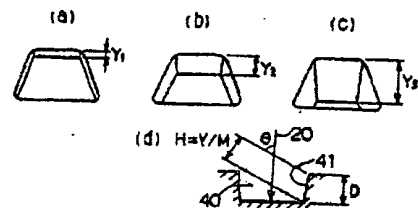
第 6 図



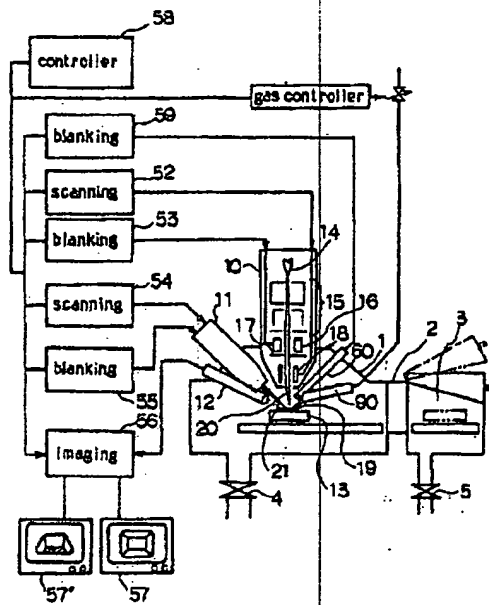
第 7 図



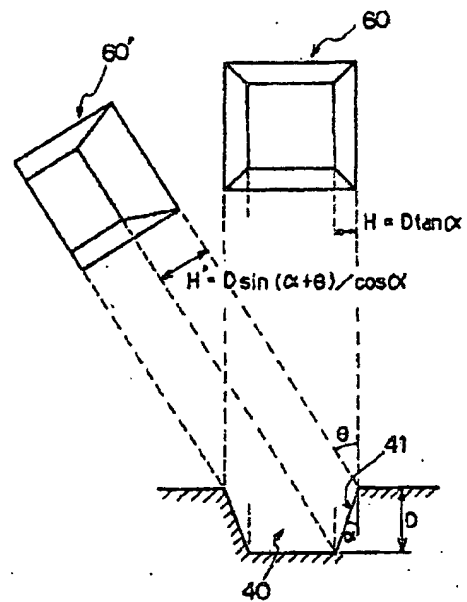
第 8 図



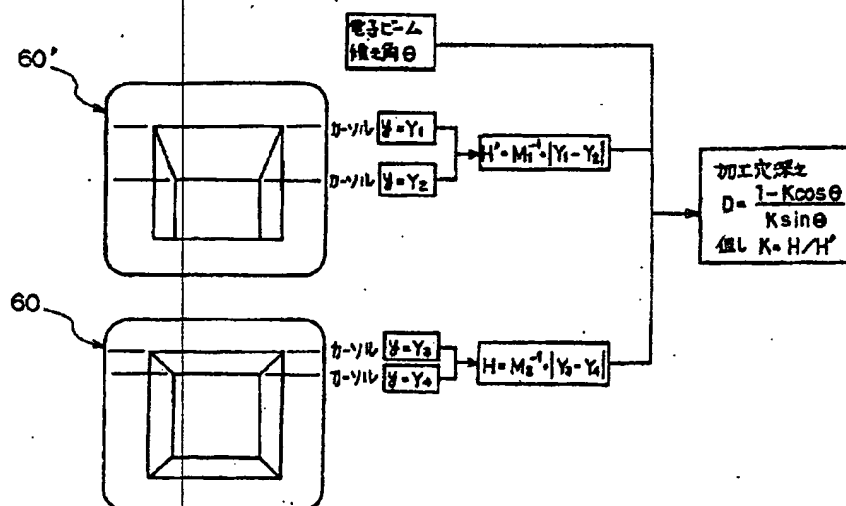
第 9 図



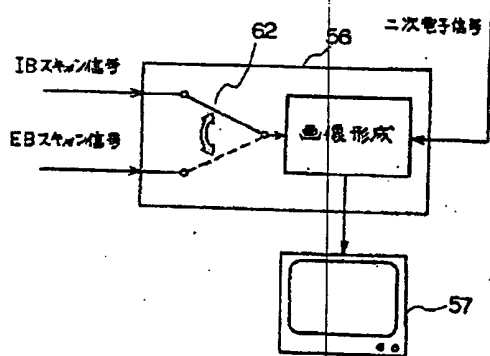
第 10 図



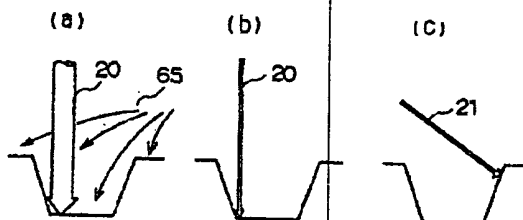
第 11 図



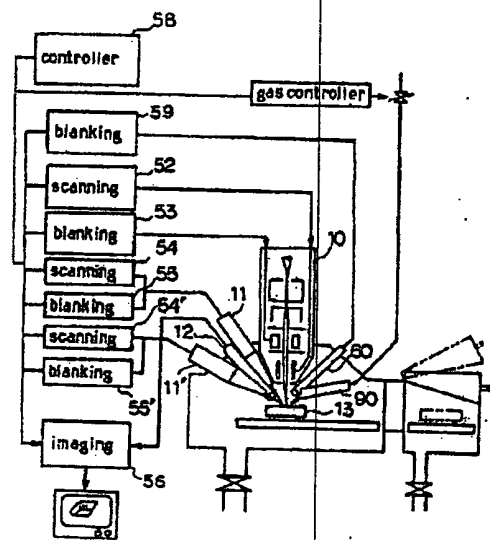
第 12 図



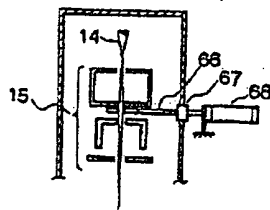
第 13 図



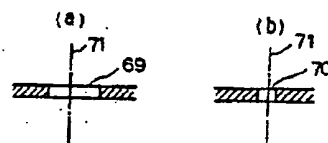
第 17 図



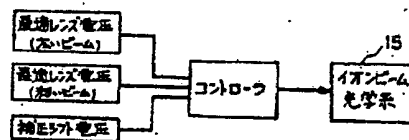
第 14 図



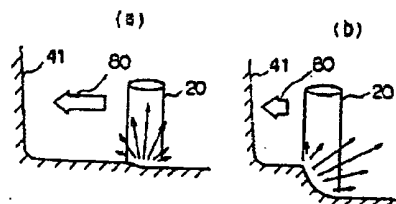
第 15 図



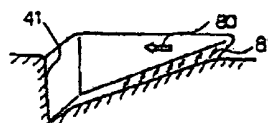
第 16 図



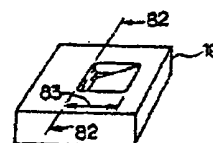
第 18 図



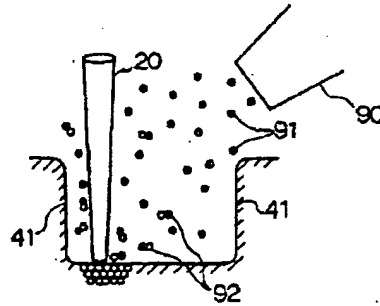
第 19 図



第 20 図



第 21 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)